

新型火工品性能检测技术及质量控制标准研究

高 薇 汝卫星

江西新余国科科技股份有限公司 江西 新余 338000

【摘要】：火工品作为武器装备体系、航空航天系统等领域当中的核心关键构成元件，其性能层面的可靠性指标与质量方面的安全性参数直接形成装备效能发挥与操作安全保障的决定因素。本文依托新型火工品的结构特性表现与应用需求场景，深入实施当前主流性能检测技术的分析工作，涵盖多光谱融合形式的成分检测手段、虚拟仪器赋能状态的性能测试方式、环境模拟条件的可靠性检测途径等核心技术的应用逻辑架构与实践操作要点；联合国内现行标准规范与行业实践经验，从原材料管控环节、工艺过程控制阶段、成品检验验收流程三个维度层面，开展新型火工品质量控制标准核心框架搭建与优化方向探索的研讨活动；最终提出检测技术体系与质量标准体系的协同优化路径方案，为新型火工品质量管控水平的提升进程提供实践参考依据。

【关键词】：新型火工品；性能检测；质量控制；标准体系；协同优化

DOI:10.12417/3083-5526.25.04.004

引言

火工品是经由外界能量激发作用产生燃烧现象或爆炸效应结果，达成点火功能、传爆功能、起爆功能等使用效能的一次性功能元件，广泛分布于军事国防领域、航空航天领域、民用爆破领域等关键领域范围，拥有“装备心脏”的称誉名号。近段时间，随着高能含能材料类型、微型化结构设计方案、智能化触发技术手段的快速发展态势，新型火工品在能量密度数值、响应速度指标、环境适应能力等方面实现了性质层面的突破进展，但同步对其性能检测工作的精准性程度与质量控制体系的全面性水平提出了更高层级的要求标准。本文立足行业实践基础，聚焦检测技术的实操应用场景与质量标准的落地实施过程，开展新型火工品性能检测工作与质量控制事项的核心要点探讨活动，为相关技术研发项目与生产管控工作提供契合实际的实践指引内容^[1]。

1 新型火工品性能检测核心技术及应用实践状况

1.1 多光谱融合成分检测技术形态

成分纯度水平与均匀性程度是形成火工品性能稳定性特征的基础前提条件，新型火工品经常采用复合含能材料类型、纳米级添加剂品类等，对成分检测工作的精准度指标与灵敏度参数提出了更高等级的要求标准。多光谱融合检测技术形式通过整合红外光谱分析、拉曼光谱解析、质谱检测等多种分析技术的优势特征，实现火工品装药成分的定性识别操作与定量分析工作，有效处理单一光谱技术在复杂成分检测场景中的识别盲区问题状况。在实践场景当中，该技术运用样品预处理举措之后，采用红外光谱手段达成对含能材料主要官能团的迅速辨别操作，初步做出核心成分类型的判定结论；凭借拉曼光谱特征峰的精准特性，实施同分异构体与微量杂质成分的区分工作；联合质谱技术高灵敏度的优势条件，完成对痕量有害杂质的定量检测任务^[2]。和传统化学分析方式相比较，多光谱融合技术呈现出检测速度快捷、样品消耗数量较少、非破坏性检测的特征情况，特别适用于新型复合含能材料的成分检测领域。

在实际操作环节之内，需要重点掌控样品制备的均匀状态，防止颗粒产生团聚现象从而引发检测偏差问题，同时借助构建不同类型火工品的光谱特征数据库体系，提升成分识别的准确程度与效率水平，给原材料验收工作与装药质量管控事项提供直接的数据支撑内容。

1.2 虚拟仪器赋予能量的动态性能测试技术

新型火工品的响应速度指标、作用时间指标等动态性能参数内容，直接对其作战效能水平与应用安全状况产生影响作用，传统测试系统存在功能单一化、动态捕捉不及时、数据处理效率较低的问题情况。虚拟仪器技术通过把计算机技术和测试硬件设施进行结合的方式，利用软件对测试功能加以定义，实现对火工品动态性能的高精度、实时化测试目标，成为新型火工品性能检测工作的核心技术支撑力量。该技术以计算机作为核心主体，配备高精度数据采集卡装置、快速响应传感器设备（包含电压传感器、电流传感器、压力传感器、温度传感器等类型），通过软件编程方式实现测试流程的定制化、数据的实时化采集、信号的分析处理等功能项目。在火工品点火性能测试活动中，能够精准捕捉点火瞬间的电压电流变化情况、点火延迟时间数值、燃烧温度曲线形态等关键参数内容；在传爆性能测试过程中，通过多通道同步采集技术手段，实现对传爆序列各个环节的动态响应过程的监测工作^[3]。与传统测试设备相比，虚拟仪器测试系统具备灵活性较强、可扩展性较好的优势特点，可以依据不同类型新型火工品的测试需求内容，通过软件升级方式快速适配新的测试项目任务，不需要进行大规模的硬件设备改造工作，大幅度降低了测试成本支出。在实践应用过程中，需要注重传感器设备与火工品的精准对接工作，避免出现信号传输延迟问题从而引发测试误差情况，同时对数据处理算法进行优化操作，提升对海量动态数据的分析效率水平，确保快速准确地提取核心性能参数信息。

1.3 环境模拟可靠性检测技术

目前主流的环境模拟检测项目主要涵盖高低温循环试验

项目、湿热环境试验项目、振动冲击试验项目等内容。在高低温循环试验活动中，通过模拟火工品在储存阶段、运输阶段、使用阶段的温度变化范围情况，测试其装药稳定性能、点火性能的变化状况；湿热环境试验项目则重点验证火工品外壳密封性能与装药防潮性能情况，避免由于湿气侵入现象导致性能衰减问题；振动冲击试验活动通过模拟装备运输过程中的颠簸状况、作战过程中的冲击载荷情况，测试火工品结构完整性与触发可靠性能情况。对于航空航天领域应用的新型火工品类产品，尚需实施真空环境条件、空间辐射环境状况等特殊环境情形的模拟化测试操作。于实践操作的范畴之内，环境模拟性质的检测工作需着重关注试验所设条件与实际应用场景之间的一致性表现，规避因过度开展试验或者试验实施不足所引发的检测结果出现失真现象，同时强化针对试验进程中火工品状态的实时化监测举措，及时察觉潜在性的缺陷问题，为火工品的结构优化处理与防护设计工作供给依据支撑^[4]。

2 新型火工品质量管控标准的核心构成框架及实践操作要点

2.1 原材料管控层面标准

火工品，又称火具，是装有火药或炸药，受外界刺激后产生燃烧或爆炸，以引燃火药、引爆炸药或做机械功的一次性使用的元器件和装置的总称。包括火帽、底火、点火管、延期件、雷管、传爆管、导火索、导爆索以及爆炸开关、爆炸螺栓、启动器、切割索等。常用于引燃火药，引爆炸药，还可作为小型驱动装置，用以快速打开活门、解除保险及火箭级间分离等。它是起爆与点火的最敏感的始发能源，其功能首发性和作用敏感性决定了其在武器的系统中的地位和作用，作为武器系统中的最敏感部分，其安全性、可靠性直接影响武器系统的安全性和可靠性。原材料作为火工品质量形成的源头要素，新型火工品针对含能材料体系、壳体材料类型、触发元件组件等原材料的性能指标要求更为严格苛刻，需构建精细化的原材料管控标准体系。在含能材料的管控维度，标准文件应明晰原材料的成分纯度水平、颗粒级配状况、稳定性特征等关键性能指标，规定运用多光谱融合的检测手段等精准化分析技术实施验收工作，同时明确储存环境条件与保质期时长要求，避免因储存方式不当造成材料性能发生衰减现象。针对壳体材料而言，需依据新型火工品的微型化构造、轻量化设计需求，明确材料的强度参数、耐腐蚀性指标、尺寸精度规格等性能指标，规范材料进场之后的外观检查流程、尺寸测量操作、力学性能测试环节等验收程序。触发元件作为新型火工品的关键构成部分，其可靠程度直接对火工品的触发精度产生影响，标准文件应明确触发元件的响应阈值大小、动作时间长短、稳定性状态等技术要求，规定采用虚拟仪器搭建的测试系统开展动态性能的验收工作。

2.2 工艺过程控制标准

生产工艺作为影响新型火工品质量的核心关键环节，新型火工品的装药工艺、装配工艺、焊接工艺等工艺实施过程更为复杂烦琐，需制定精细化的过程控制标准体系。在装药工艺的控制方面，针对新型复合含能材料的特性属性，标准文件应明确搅拌速度数值、压药压力参数、保压时间长度等关键工艺参数的控制范围区间，规定采用自动化的装药设备开展生产作业，规避人工操作引发的装药不均匀问题；同时明确装药过程中的环境控制要求内容，涵盖温度指标、湿度指标、静电防护措施等，防范因环境因素诱发安全隐患问题。在装配工艺的控制方面，针对新型火工品的微型化结构特点，标准文件应明确装配间隙尺寸、连接强度参数等关键性能指标，规范装配过程中的操作流程步骤，要求采用高精度的定位设备与专用工具实施装配作业，规避装配偏差导致的性能缺陷问题；对于焊接工艺而言，需明确焊接温度数值、焊接时间长度、焊缝质量标准等技术要求，采用激光探伤技术等无损检测手段进行焊缝质量的检验工作，防范虚焊问题、漏焊问题等的发生。

2.3 成品检验验收规范架构

成品检验验收作为守护新型火工品出厂品质的终端屏障构造，规范需衔接新型火工品的性能特征模块，确立检验条目集合、检验方式矩阵与合格判别准则体系。于外观检验维度，规范应界定成品的外观瑕疵阈值范围，涵盖壳体形态稳定性指标、表面裂纹否决项、标识信息完整度标准等要素，施行目视检视工序与放大解析流程协同的检验范式。在性能检验范畴，需依照火工品的类型谱系与应用场景图谱，明确点火效能参数、传爆性能曲线、响应时间阈值等核心指标的检验规程，规定采用虚拟仪器测试生态系统、环境模拟试验装置集群等前沿检测技术阵列实施测试作业；针对环境耐受需求突出的火工品品类，尚需划定高低温应力循环、湿热侵蚀环境、振动载荷条件等环境可靠性试验的边界条件集合与合格评定坐标。于安全性能检验领域，规范应标定火工品的安全程度量指标，包含感度特征参数、稳定性函数模型等，运用标准化试验方法体系开展检验工作，保障火工品在正常服役周期与意外工况场景下的安全态势水平。

3 新型火工品检测技术与质量规范协同演进路径

3.1 构建技术与规范联动迭代机制

面向新型检测技术的演进轨迹，适时启动质量控制规范的修订升级程序，将多光谱融合检测模组、虚拟仪器测试平台等先进技术单元嵌入规范体系架构，明晰其检测算法流程、操作控制规范与数据处理协议要求，确保规范系统能够匹配技术发展的动态需求界面。同时，通过规范实施过程中的问题反馈链路，向检测技术研发环节传递优化迭代信号，驱动检测技术的精准化升级进程，提升检测技术的靶向适配能力与工程实操效

能。譬如，针对新型纳米含能材料的检测需求场景，将纳米颗粒尺度分布的检测方法模块纳入原材料管控规范框架，同步推动相关检测技术的精度提升工程。

3.2 增强规范的实践操作特性与落地执行效能

质量控制规范的创设过程应锚定行业生产实践基准面，规避过度理论化的要求设定倾向。针对新型火工品生产主体的实际产能能级、设备配置状态，构建分级分类的规范要求体系，对中小型生产实体，可明确基础检测项目清单与简化检测流程；对大型骨干企业单元，可提出更高阶的精密检测指标要求。同时，编制规范实施操作指南文本，细化检测作业流程节点、设备校准周期参数、数据记录格式规范等实践操作要点集合，助力企业组织快速建立规范认知体系，提升规范的落地执行转化效率。

3.3 搭建全程质量把控信息平台

凭借数字化手段，搭建融合原材料检验、工艺流程监控、

成品检测等全程数据的质量把控信息平台。把检测技术取得的各类数据及时录入平台，同质量标准规定实施自动对照，达成质量问题的及时预警与追踪。借助平台积累的检测数据和质量数据，剖析质量波动规则，给检测技术优化和标准修订供应数据支持，构成“检测数据—标准优化—质量提高”的闭环管理系统。

4 结论

新型火工品的性能检测技术与质量控制准则是保障其安全可靠运用的核心支撑。多光谱融合成分检测、虚拟仪器赋予性能测试能量、环境模拟可靠性检测等技术，为新型火工品的精确检测提供了有效办法；涵盖原材料、工艺流程、成品的全过程质量控制准则，为生产环节的质量把控提供了明确根据。推动检测技术与质量准则的协同优化，建立联动更新机制、增强标准实际操作性、搭建数字化管控平台，能够有效提升新型火工品的质量把控水准。

参考文献：

- [1] 胡建秋,钟成行,任程,候宏康.一种火工品通用化自动化测试仪设计与实现[J].计算机测量与控制,2025,33(12):335-341.
- [2] 陈絮,吴瑞德,杨莉,郭晓荣,陈小松,丁茂元,张欣.基于内置 MEMS 传感器的单元火工品原位压力监测方法[J].火工品,1-6.
- [3] 刘建国,邱从礼,苏谦,徐冰川.基于密度泛函的硝酸羟胺基火工品贮存安全性研究[J].火工品,2025,(06):88-94.
- [4] 杨润泽,程鹏涛,李慧,骆建军,梁小会,孔哲,段星,骆懿.基于金属-绝缘体相变材料 VO₂ 的火工品分流防护研究[J].火工品,1-6.